La utilización de aguas subterráneas para riegos

Por D. LUIS CAVANILLAS RODRIGUEZ
Ingeniero Agrónomo
Jefe de la Sección de Hidráulica del I.N.I.A.

II

Pozos y galerías

UNA vez se haya determinado, con mayor o menor aproximación, por alguno de los métodos de prospección indicados en nuestro artículo anterior, la situación y caudales de mantos o corrientes subterráneas, hemos de ver la mejor forma de proceder al alumbramiento de la parte de estos caudales que podamos extraer y elevar a la superficie.

Si contamos con un manto continuo o corriente de suficiente anchura, la solución procedente consistirá en abrir un pozo convenientemente situado para penetrar en las capas que llevan esas aguas. Pero si se trata de corrientes relativamente pequeñas que circulan separadamente y más o menos próximas, la solución habrá de ser la construcción de una galería subterránea de captación, en dirección aproximadamente horizontal y normal a la direccón de las corrientes que interese captar, para reunir sus caudales en la galería, que ha de comunicar con el exterior por algún pozo de extracción.

En cualquiera de los dos casos será muy fundamental para el éxito el determinar acertadamente la situación de las obras de captación, lo que se conseguirá tanto mejor cuanto más completos sean los datos de prospección que se posean.

Teoría general de los pozos ordinarios y galerías

Las teorías generales establecidas se fundamentan en una forma análoga a la que vamos a examinar en un caso sencillo, como el siguiente (fig. 1):

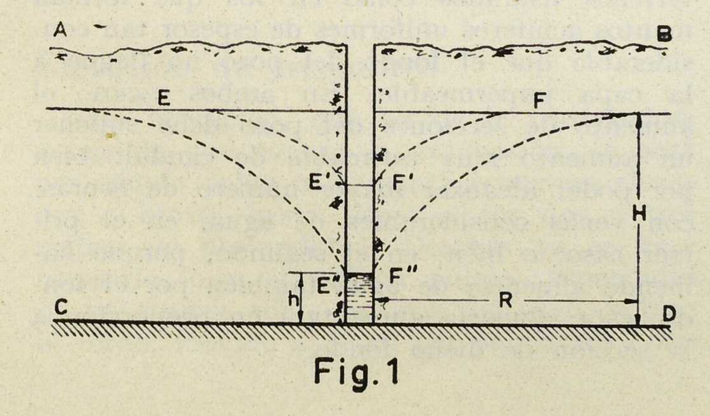


Fig. 1

Sea *AB* el nivel de una superficie de un terreno permeable, que descansa sobre una capa impermeable *CD* horizontal, o de pequeña pendiente. Si la capa permeable contiene agua hasta la altura *EF*, al abrirse un pozo ordinario *a b c d*, el agua manará por sus paredes y llenará una parte del pozo hasta una cierta profundidad de agua *h*, al mismo tiempo que el nivel de las aguas subterráneas baja alrededor del pozo según la línea *EE'F'F*, produciéndose así una especie de embudo de depresión. Si se extrae agua del pozo, por cualquier sistema de bombeo, irá disminuyendo *h* y aumentando al mismo tiempo la profundidad del embudo de depresión, que corresponderá, por ejemplo, a la línea *EE''F''F*, cuando se vaya llegando al agotamiento del pozo.

Pues bien, por desarrollo de cálculos, que no son de este lugar, resulta que el caudal teórico que debe dar un pozo viene expresado por la fórmula

$$Q = \pi \, p. \, k. \frac{H^2 - h^2}{LR - Lr}$$

siendo:

Q = caudal en metros cúbicos por día.
p = coeficiente de porosidad.
K = coeficiente de permeabilidad.
H = altura o potencia del manto de agua.
h = altura de agua en el pozo.
LR = logaritmo neperiano del radio *R* de alcance o influencia del pozo.
Lr = logaritmo neperiano del radio *r* de la sección del pozo.

Se deduce inmediatamente que el mayor o menor radio *r* que se adopte para la sección del pozo no influye sensiblemente en el cauce que pueda obtenerse.

Por medio de sondeos alrededor de algún pequeño pozo de ensayo podrían determinarse, por puntos, las curvas del embudo de depresión y los valores de *H* y *R*. El valor de *p* oscila entre 0,25 y 0,40 para arenas ordinarias, y en cuanto a *K*, según Slichter, pueden tomarse los valores siguientes, para arenas de diversos diámetros:

Diámetros en milímetros		K en metros por día
Fina,	de 0,10 a 0,20	5 a 20
Media,	de 0,25 a 0,45	30 a 100
Gruesa,	de 0,50 a 0,95	120 a 450
Gravilla,	de 1,0 a 5,0	500 a 12.000

Para estimaciones aproximadas, en cálculos de anteproyectos, pueden tomarse los valores aproximados siguientes:

$$\frac{\pi}{LR - Lr} = 0{,}5 \text{ ''} \quad H \times h = 2\,H$$

y entonces la anterior expresión del caudal quedará:

$$Q = p.\ K.\ 0{,}5\ (H \times h)\ (H - h) = p.\ k.\ H.\ (H - h)$$

en la que solamente interviene la depresión (H — h) producida por el bombeo y los valores de *H*, *k* y *p*.

Si, por ejemplo, va a construirse un pozo en una capa de arena gruesa de unos 0,8 milímetros de diámetro y 3 metros de altura, bombeando hasta 0,5 metros de altura de agua en el pozo, se podría prever un caudal aproximado:

$$Q = 0{,}34 \times 340 \times 2{,}5 = 86.700 \text{ m}^3 \text{ diarios}$$

es decir, unos 10 litros por segundo.

Si el fondo del pozo no fuese impermeable, el caudal resultaría algo mayor, y, además, aumentaría muy sensiblemente, al mismo tiempo que el radio *r* de la sección.

Si se trata de galerías (fig 2), siguiendo una

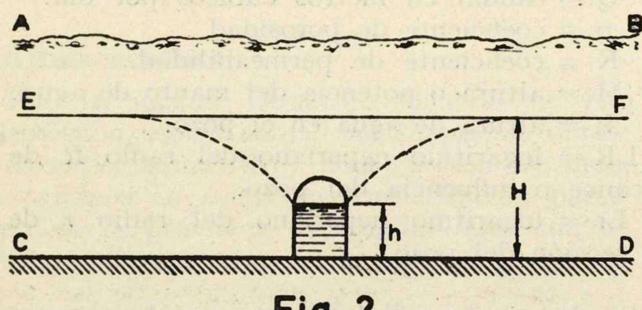


Fig. 2

marcha análoga a la expuesta para pozos ordinarios y para el mismo caso de fondo impermeable y aproximadamente horizontal, el agua manará lo mismo por las dos paredes de la galería, y se llega a la fórmula siguiente:

$$Q = p.\ k.\ \frac{H^2 - h^2}{R}$$

en la que *Q* es el caudal por metro de longitud de la galería, y las detrás letras tienen la misma significación que anteriormente.

Normas generales sobre establecimiento de pozos

En primer término ha de considerarse el tipo de pozo que convenga construir, especialmente en lo que se refiere a la formación y dimensiones de la sección del mismo. En términos generales hemos de distinguir entre pozos de pequeño diámetro y pozos de mayor diámetro o sección.

Los primeros, siempre circulares, son taladros o perforaciones entubadas, de diámetros no superiores a unos 60 centímetros. Se practican con equipos especiales de perforación; no es necesario, por tanto, el acceso de personal al fondo de los pozos, lo que permite no solamente reducir su diámetro, sino que evita el tener que hacer el achique o vaciado continuo del agua del pozo, que es imprescindible cuando se necesita que los obreros desciendan al fondo para la ejecución del trabajo, como en el caso de pozos ordinarios de secciones mayores. Por otra parte, las modernas bombas centrífugas de eje vertical y dimensiones reducidas facilitan la posibilidad de utilización de estos pozos de pequeño diámetro, que por ello van siendo cada día más aceptados.

Su empleo resulta en general recomendable para el alumbramiento de aguas profundas o semiprofundas, es decir, de 25 ó 30 metros en adelante. Para menores profundidades ya no resultan tan ventajosamente económicos, con relación a la construcción de pozos en excavación a cielo abierto.

Pueden, por otra parte, no ser tampoco recomendables los pequeños diámetros, tanto en terrenos fisurados como en los que forman mantos acuíferos uniformes de espesor tan considerable que el fondo del pozo no llegue a la capa impermeable. En ambos casos, el aumento de secciones del pozo debe suponer un aumento muy estimable de caudal: bien por poder alcanzar mayor número de fisuras, con venas considerables de agua, en el primer caso, o bien, en el segundo, porque habiendo afluencia de agua también por el fondo, esta afluencia aumentará en proporción a la sección de dicho fondo.

En cuanto al establecimiento del segundo tipo de pozos que hemos indicado, es decir, el más corrientemente adoptado hasta ahora, de sección relativamente grande y excavación a cielo abierto, suele ser también circular la sección más generalmente empleada. Las operaciones fundamentales que comprende su construcción y que requiere un acertado estudio en su planeamiento y ejecución, serán: excavación, elevación de escombros, achiques o agotamientos, y, en fin, en muchos casos, también habrá que contar con la consolidación de paredes y su revestimiento.

Siendo muy distintos los casos que pueden presentarse y muy diferentes también sus especiales características, no es posible establecer normas fijas y únicas, sino, por el contrario, proceder según las particularidades que presente cada una de las construcciones que se proyecten. Según la clase de terrenos en que vaya a operarse, la profundidad del pozo, la clase de equipo de motor y bomba que haya de emplearse, así como su colocación, sea en la superficie o en cabina a determinada profundidad o incluso empleando los modernos equipos sumergidos, las características y detalles constructivos serán diferentes.

Examinaremos a continuación, aunque sea a la ligera, algunos de los principales aspectos que tienen que considerarse en los trabajos de apertura y construcción de pozos.

Excavaciones

Pueden realizarse a mano, con las herramientas corrientes para esta clase de trabajo, tratándose de terrenos más o menos blandos; o bien utilizando dispositivos mecánicos especiales, excavadoras de tenazas o bombas excavadoras a presión producida por aire o agua.

Para terrenos de consistencia más dura se requerirá la cuña o el puntero con mazo, o bien el empleo de barrenos explosivos, que son desde luego indispensables para el caso de consistencias rocosas duras. Según las capas que vayan atravesando, se utilizará para cada una el procedimiento de excavación que nos dé el rendimiento más favorable.

Elevación de escombros

Esta operación, que ha de ir realizándose a medida que avanza la excavación, se hará por simple paleo o mediante espuertas elevadas a brazo, hasta llegar a los dos o tres metros de profundidad. Después ya se hace necesario, bien el utilizar poleas suspendidas de un trípode sobre la boca del pozo, o bien el torno, movido a mano por uno o dos hombres. Es, desde luego, preferible el torno cuando los trabajos revisten ya alguna importancia, puesto que con una simple polea se pueden elevar solamente unos 25 kilos, mientras que un torno accionado por dos hombres puede elevar hasta 150 kilos.

Cuando los trabajos son de más importancia y hay que elevar volúmenes considerables de escombros desde profundidades de unos 20 metros en adelante, será recomendable la elevación a base de montacargas, con cabrestante movido a motor.

Achiques o agotamientos

Una vez que la excavación llega al nivel del agua, hay que estar extrayendo ésta continuamente, para que los poceros puedan seguir trabajando dentro del pozo. El procedimiento más elemental de extracción sería el empleo de cubos con las poleas o tornos que se utilizan en la elevación de escombros. Pero siempre resultará más recomendable la utilización de equipos de achique formados por grupos motobombas dispuestos de manera que puedan ir bajando por el pozo a medida que la excavación va también descendiendo.

Será preferible, en general, que la bomba que se utilice para el agotamiento no sea la misma que después vaya a utilizarse para la explotación del pozo, ya que las aguas de agotamiento suelen llevar arenas o sedimentos en suspensión capaces de producir desgastes perjudiciales en las bombas.

En fin, si los caudales de agotamiento fuesen relativamente considerables, deberán verterse alejados de la zona de trabajo, para evitar que por filtraciones próximas vuelvan a parar al pozo casi inmediatamente.

Revestimientos

En este aspecto de la construcción pueden presentarse casos muy diferentes, especialmente en cuanto a la naturaleza de los terrenos: desde el caso en que no es preciso en absoluto preocuparse de revestimiento alguno, por la solidez y estabilidad de las paredes, hasta el caso de terrenos tan inestables que los derrumbamientos que se producen inmediatamente a las excavaciones impiden la continuación normal de los trabajos. En este caso extremo hay que proceder a entibados a medida que avanza la excavación, y se hace generalmente con elementos de madera adosados a las paredes y sujetos por medio de otros elementos o marcos horizontales que también suelen ser de madera, y todo ello según formas o dispositivos diferentes y ade-

cuados a la forma y dimensiones de la sección correspondiente del pozo.

En los casos más corrientes puede terminarse la excavación del pozo sin necesidad de entibados, y si ha de llevar revestimiento, éste se irá haciendo de abajo arriba, para que la obra trabaje siempre a compresión y en ningún caso a tracción, y por esto mismo el revestimiento deberá fundarse sobre una solera firme o cimentación adecuada. Puede hacerse en ladrillo, mampostería, o bien con hormigón, sea en masa o armado, colocándose los encofrados en forma análoga a la indicada para los entibados.

Para cualquier clase de revestimiento no habrá que olvidar que en su parte sumergida es imprescindible dejar suficiente número de mechinales para facilitar el que mane libremente el agua en el pozo.

En algunos casos especiales de terrenos tan movedizos que incluso para el entibado se presentan dificultades, se hace preciso simultanear la excavación con el revestimiento mediante el método de los «anillos de hinca», que van colocándose unos sobre otros, empezando por arriba, al empezar la excavación; conjuntamente con ella van descendiendo los anillos, constituyendo así un verdadero entubado. Estos anillos pueden construirse de ladrillo, pero es preferible el hormigón armado. El descenso del anillo se produce a favor de su propio peso y a medida que lo va facilitando la misma excavación.

Por lo que se refiere a los pozos o taladros de pequeño diámetro que anteriormente hemos citado, también suelen requerir revestimientos que consisten en un entubado metálico formado por piezas de dos a cuatro metros de largo que van uniéndose entre sí por medio de soldaduras o a rosca, y descienden detrás de la barrena perforadora, facilitándose la hinca mediante un borde inferior cortante que se le da a la primera pieza de la entubación.

Toda la técnica referente a la construcción de este tipo de pozos es diferente a la de los pozos ordinarios, ya que requiere una maquinaria especial de sondeo, cuya descripción detallada no cabe en los límites de este artículo.

Tanto respecto de este punto como de los demás que hemos ido considerando puede encontrarse una información muy interesante y completa en el Manual Técnico número 18, publicado por el Ministerio de Agricultura y titulado *Aguas subterráneas*, del que es autor el ingeniero agrónomo don Andrés Murcia, destacado especialista en estas materias. Al final de esta obra se encuentra una extensa bibliografía sobre el mismo tema.

